

学校编码: 10384

分类号\_\_ 密级\_\_

学号: X2013232140

UDC\_\_

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

# 配电室智能监控系统的设计与实现

Design and Implementation of Intelligent Monitoring System for  
Power Distribution Room

姜维伟

指导教师姓名: 赖永炫 副教授

专 业 名 称: 软 件 工 程

论文提交日期: 2016年 3 月

论文答辩日期: 2016年 4 月

学位授予日期: 2016年 6 月

指 导 教 师: \_\_\_\_\_

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

2016 年 3 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（      ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于      年      月      日解密，解密后适用上述授权。

（    ☒    ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年      月      日

## 摘要

随着我国经济实力的不断增强，电力系统也取得了显著的成就。当前我国电网规模不断扩充。居民对于供电的可靠性与质量要求大幅提高。因此，如何确保提供经济安全、优质可靠的电力是我国电力系统在未来发展中面临的重要挑战之一。配电室作为电力系统中的重要组成元素，担负着电能的变压分流的重任，传统的配电室管理手段主要是依靠人工定时对电力仪表进行检查并形成报表，其工作效率低下，无法适应迅速发展的供电规模与用电客户的用电需求。如何利用信息技术与网络传输技术对配电室电力设备的运转状态进行远程实时监控，提高配电室管理的信息化水平，增强居民用电的质量管理，是当前电力系统部门以及其他经济部门的发展方向之一，本课题以小区变配电自动化监控系统为研究对象，设计了一个监控平台，实现监控系统的基本要求，能够监控小区电网的运行情况，实现数据显示、数据查询、报表生成打印、曲线显示打印等功能。

本文通过对配网监测技术的现状分析及发展趋势，针对配电室的运行特点，提出了基于 GPRS 快速及时的互联网连接和微功耗无线通信技术相结合的配电变压器监控通信技术方案的农村配电变压器远程监测系统。具体来说，该远程监测系统是由安装在变压器处的变压器监测终端（TTU）、Ad Hoc 终端节点、Ad Hoc 路由节点、Ad Hoc 网关节点、GPRS 模块、监控计算机和管理人员手机组成。此监控系统具有自动组网、自动路由、多级中继等优势，降低了硬件投资和通讯费用。

**关键词：**配电室；智能监控系统；数据流图

## Abstract

With the development of economic strength , The power system have also made remarkable achievements.At present the size of state grid constantly expands . The reliability of power supply is important for residents.So,how to ensure providing economical secure, quality and reliable electric power in our country is one of the important challenges in the future.Transformer room as an important element in the power system, and shoulders the responsibility of the power transformer tap,Traditional substation management mainly rely on manual inspection on electric power meter and report regularly, its efficiency is inefficient, cannot adapt to the rapid development of the scale of power supply and demand of residents. How to make use of information technology and network transmission technology of substation electrical equipment Running condition of remote real-time monitoring, improving the level of substation management information, enhancing the quality of the residential electricity management, which is the current electrical power system is one of the departments and other sectors of the economical development direction.This topic with variable power distribution automation monitor system is the research object .The system can monitor the operation of the electricity network, and then you can use the system to achieve data, query data, and generate report, print report, display graph, print graph. The main contents of the power automatic monitoring system are as follows:

In this paper, a scheme integrating Ad Hoc network technology with GPRS to achieve the remote distribution monitoring is proposed. Specifically, the remote distribution monitoring system insists in the indoor power distribution transformer parameter acquisition device, the Ad Hoc terminal node, the Ad Hoc routing node, the Ad Hoc gateway node, GPRS module, monitor, computer and management staff phone. This monitoring system has several advantages, such as automatic networking, automatic routing, multi-level relay and other. And thus it reduces the investment in hardware and communications costs.

**Keywords:** Power Distribution Room; Intelligent Monitoring System; Data Flow Diagram

# 目 录

<b>第一章 绪论</b>	<b>1</b>
1.1 课题研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 国内研究现状	2
1.2.2 国外研究现状	3
1.3 课题研究主要内容	3
1.4 论文的组织结构	4
<b>第二章 相关技术介绍</b>	<b>5</b>
2.1 配电室远程监测系统的核心技术	5
2.1.1 配电变压器测控终端设备 (TTU)	5
2.1.2 远程监测通信技术	6
2.2 本章小结	8
<b>第三章 需求分析</b>	<b>9</b>
3.1 系统概述	9
3.2 功能性需求	9
3.3 系统功能分析	12
3.3.1 系统顶层功能用例图	12
3.3.2 子功能用例图	14
3.3.3 子功能分解和细化	15
3.4 非功能性需求	16
3.5 本章小结	17
<b>第四章 系统设计</b>	<b>19</b>
4.1 配电室监测软件系统功能模块设计	19
4.2 数据流图	21
4.3 数据库设计	25

4.4 技术方案.....	30
4.5 本章.....	30
<b>第五章 系统实现与测试.....</b>	<b>33</b>
5.1 系统菜单.....	33
5.2 系统管理.....	33
5.3 数据统计.....	41
5.4 数据查询.....	47
5.5 系统测试.....	53
5.6 本章小结.....	55
<b>第六章 总结与展望.....</b>	<b>58</b>
6.1 总结.....	58
6.2 展望.....	58
<b>参考文献.....</b>	<b>60</b>
<b>致 谢.....</b>	<b>62</b>

## Contents

<b>Chapter 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Background and Significance.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Overview of Domestic and Foreign.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Overview of Domestic.....	2
1.2.2 Overview of Foreign.....	3
<b>1.3 Main Content.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Organizational Structure.....</b>	<b>4</b>
<b>Chapter 2 Related Technology.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Critical Technologies of Remote monitoring.....</b>	<b>5</b>
2.1.1 Monitoring Terminal Device For Distribution Transformer .....	5
2.1.2 Remote Monitoring And Communication Technology.....	6
<b>2.2 Summary .....</b>	<b>8</b>
<b>Chapter 3 System Requirements Analysis.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 system survey.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 System Function Requirement.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3 System Business Analysis.....</b>	<b>12</b>
3.3.1 System Top Function Use Case.....	12
3.3.2 Sub Function Use Cases.....	14
3.3.3 Sub Function Analysis And Refinement.....	15
<b>3.4 System NonFunction Requirement.....</b>	<b>16</b>
<b>3.5 Summary.....</b>	<b>17</b>
<b>Chapter 4 System Design.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Monitoring Terminal Device of Distribution Transformer Module Design</b>	<b>19</b>
<b>4.2 Dataflow Graph.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3 Database Design.....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Technical Scheme.....</b>	<b>30</b>
<b>4.5 Summary.....</b>	<b>29</b>
<b>Chapter 5 System Implementation and testing.....</b>	<b>33</b>
<b>5.1 System Menu.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2 System Management.....</b>	<b>33</b>
<b>5.3 System Statistics.....</b>	<b>41</b>



5.4 System Inquiry.....	47
5.5 System Test.....	53
5.6 Summary.....	55
<b>Chapter 6 Conclusions.....</b>	<b>58</b>
6.1 Summary.....	58
6.2 Outlook.....	58
<b>References.....</b>	<b>60</b>
<b>Acknowledgements.....</b>	<b>62</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 课题研究背景及意义

配电室是电力网末端传输、多次分配电能的主要电气设备场所，是城市电力网的不可或缺的一部分。长期以来，配电室如何高效运行一直是电力部门日常管理的较为薄弱的部分，配电室刀闸开关误跳或配电室温度过高，湿度过高，雨水浸渍，都会影响设备正常运行、导致设备损坏，甚至烧毁设备；以上种种都不同程度的影响用户正常的用电，由于目前配电室监控手段较为欠缺，尚不能实时反馈设备运行工况，及时解决实际问题。

因此，在配电室加装计算机监控系统，实现配电室环境和供电设备各种状态量的在线监测，通过后台系统集成开发，可以实现各种监测数据的查询、分析、预警及综合展示，以提高配电室的运行能力，保障配电室设备的安全运行。同时高效的经济效益方面，供配电计算机监控系统的优越性更加突显，高性价比的投资使系统一次投资，终身受益，减少设备维护、更新成本和人力资源成本。再次高智能化方面，实现供配电监控系统的遥测、遥控、遥信、遥视控制，对系统进行综合监测和统一管理可以节约人力资源，降低员工劳动强度。最后共享系统数据资源和设备综合档案管理等方面，可以对显示或查询供配电室各设备运行工况（包括历史和实时参数），并根据用户实际情况进行日报、月报和年报查询或打印，提高了工作效率。监控系统配置数据库管理系统，可以分类保存、归档、统计和调用采集到的数据，根据用户要求按照名称、时间和区域等选项检索，以便进行数据查询和故障分析。供配电监控系统可以根据用户权限设定人员的管理范围，方便不同级别的管理人员对系统进行修改和操作。

综上所述，供配电监控系统的优越性是显而易见的，对供配电监控与管理系统进行研究很有必要的，同时供配电监控系统必将会应用得越来越广泛。

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 国内研究现状

国内供配电监控的自动化始于上世纪 90 年代，与外发达国家相比大约滞后 20 年，受资金、科学技术水平、认识水平等因素制约，发展一直比较缓慢。主要问题有：

(1) 从系统功能角度上来讲，功能单一化，实际应用性差，其试点工程大多引入的国外的馈线自动化设备建立就地控制模式，仅能进行故障处理，缺乏自主性，供电可靠性较低<sup>[1]</sup>。

(2) 从在系统集成角度上来讲，缺乏统一规划，项目各自独立，各地区对供配电监控的自动化认识不同，在各种单项功能上欠缺综合性考虑，使得各个项目之间标准不统一、软硬件设备或借口兼容性差，导致资源共享性和信息公用性差。

(3) 从系统应用层次角度来讲，应用停留在初级阶段，缺少高级应用，很多技术都处于理论分析阶段<sup>[2]</sup>。随着经济水平和科学技术的提高，国家对城乡电网改造力度逐渐加强，供配电监控的自动化水平也取得了长足的进展，降低了供电企业人员劳动生产强度，增强供配电企业现代管理水平，提高了居民和企业的供电可靠率、供电质量，保障了供配电企业的设备安全。国内供配电大致经历了以下几个监控智能化、自动化发展阶段。

第一阶段，主要是引进学习国外自动化开关设备实现开关设备的自动化，主要功能是通过开关设备之间的配合实现故障区域的定位、隔离和自动恢复供电。缺点是缺乏自主能力，自动化程度较低，只能在故障发生以后进行处理，无法优化运行方式，当发生故障或调整系统后需人工到现场对相关参数进行设置，缺乏灵活性且耗费人力资源，同时当故障发生后需要对故障区域开关多次重合，加大了电力设备损耗，增加了运营成本。

第二阶段，建立供配电监控系统的 SCADA 系统，主要组成有：网络通信设备、计算机网络和馈线终端，通过建立主站系统实现对在各配电子站、远方终端进行控制，采用通信技术，实现对配电网监控的功能。在供配电网正常运行状态下可以对供配电网进行监控和运行管理，系统运行参数更加优化，当局部发生发生故障时，能及时控制，缩短故障处理时间，缺点是需要借助通信系统，且对故障的处理需要依赖主站<sup>[3]</sup>。

第三阶段，经历了上两个阶段，我国开始在此基础上改进，加入组态软件，借助自动控制技术、网络技术和通信技术，监控工程可以由计算机上的软件自动完成，实现各子系统之间资源共享，达到供配电管理自动化<sup>[3]</sup>。

### 1.2.2 国外研究现状

国外的供配电监控的自动化起步比较早，上世纪 70 年代，国外的一些发达国家就开始发展供配电监控系统自动化，国外的供配电监控系统自动化已发展很完善带动相应的经济发展，许多著名电力系统的生产商基本都涉足供配电自动化领域，例如施耐德公司、西门子公司、摩托罗拉公司和东芝公司等，均已推出各自特色的供配电网自动化相关产品，形成了完善的自动化功能体系<sup>[4]</sup>。国外供配电监控自动化的实现，大致分为对馈线自动化的实施，然后建立通信通道，通过建立供配电主站系统调控供电子站和远程终端，最后完善各项功能，但是对整个系统而言尚留有大量的开发空间，比如供配电监控自动化、智能化和已开发的部分功能重叠。供配电监控系统朝着向开放式、智能化、自动化和集成化的综合性方向发展。目前已经具有相当庞大的规模，并提高了供配电网运行安全可靠，加强了运行和控制效率，保障供电质量，降低人员劳动强度，充分利用网络通信调控设备的能力，能加快停电反应速度和减少停电面，缩短了停电时间，保障了居民和用电企业对电能质量和可靠性的需求，带来了极为可观的社会效益和经济效益。

## 1.3 课题研究主要内容

本论文的主要工作就是从配电室管理和配电室状态监测系统软件的新要求

出发，研究软件工程技术和方法在配电室状态监测系统中的应用。全面且较为系统地分析了软件工程在电力系统中应用的相关理论和方法，为配电室状态监测平台的工程化研发奠定了理论基础。同时分析了配电室状态监测平台的工程化研发的必要性，探讨了实际应用、开发中涉及到的关键技术，提出了一种配电室状态监测系统软件工程化开发的具体方法。以国网福州供电公司状态智能监控系统软件的开发作为示范，阐述了该系统研发工程化方法在配电室状态监测系统软件研发中的具体操作手段。并对软件研发结果进行了分析。

## 1.4 论文的组织结构

本文的章节内容安排如下：

第一章为绪论。首先，简要概述了本次课题的研究背景；然后，概述了该课题在国内外的研究现状，指出计算机监控系统对电力安全生产的巨大推动作用；最后，说明了课题的主要框架。第二章对本课题所用到的技术做了介绍及功能特点方面的概述。第三章对系统各部分功能做出了说明，并采用系统用例图加以解释。第四章运用前一章提出的工程化软件开发方法，讨论了配电室状态监测系统软件工程化开发的关键技术；详细阐述该系统软件的整个开发过程，以及工程化实施应注意的问题。第五章软件工程化开发结果分析。分析软件工程化开发的质量和效率。第六章全文总结。对今后要开展的实践活动进行一些设想。

## 第二章 相关技术介绍

### 2.1 配电室远程监测系统的核心技术

#### 2.1.1 配电变压器测控终端设备（TTU）

配电室远程监测系统是供电企业提升配电网精细化管理水平的一个重要技术手段，建立和完善配电变压器远程监测系统，可以提高对配电变压器的运行监测能力，实现实时监测和运行分析，提高用户对供电的满意度和促进配网运行管理上台阶。在配电变压器远程监测系统中，需要对分散在各个区域的变压器运行工况进行监测，就必须在配电变压器处加装测控终端设备（TTU）<sup>[4]</sup>。如图 2-1 所示。

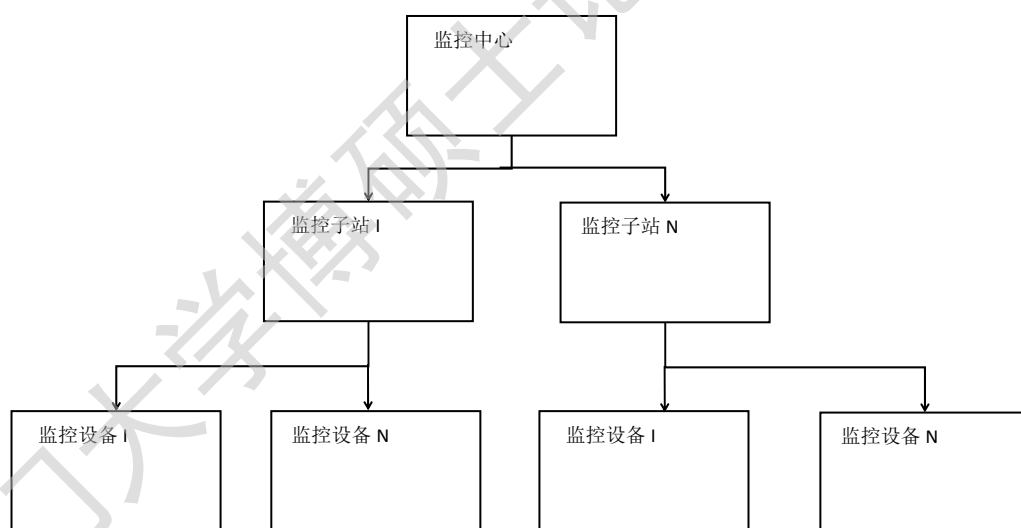


图 2-1 监控示例

##### （1）采集数据与记录功能

TTU 主要是采集并记录配电室的运行工况信息，根据变压器低压侧的各项数据的采样值，每间隔一定时间（如 1 分钟）计算变压器的运行参数，将其记录并保存在存储器上一定时间（如一周、一个月、季度等）；对于配电变压器典型日期的上述参数整点值，记录的电压、电流极值和它们的采集时间，失电

和恢复供电时间等，记录并保存设备存储器上，存储时间一般应保存一年或更长，存储在设备存储器上的数据在 TTU 断电时记录的内容不应丢失<sup>[4]</sup>。

## （2）数据通信功能

测控终端（TTU）应具备数据通信模块，用于数据的本地及远方传输，终端的通信要满足灵活组网的要求，适应不同通信方式数据传输。在配电变压器处不具备远方通信条件或通信故障情况，运行人员能使用掌上电脑到现场进行数据抄录，时间间隔可以是一周、一个月或更长，抄录的数据能够上传到配电变压器监测系统或其它配网管理系统中，用于进行数据分析和应用<sup>[5]</sup>。

## （3）智能无功补偿功能

利用测控终端（TTU）控制输出，可以实现对配电变压器无功补偿电容器的投切，补偿低压侧的功率因数，实现无功就地平衡，该电容器的投切控制可以通过测控终端采集的无功功率和电压参数实现自动投切，远方操作人员在控制中心也能进行远方控制<sup>[5]</sup>。

### 2.1.2 远程监测通信技术

配电变压器远程监测系统建设中，配网通信的建设是重中之重，配网结构复杂，设备数量庞大，分支线路多，地域分布广<sup>[6]</sup>。这些特点相应决定了数据监测业务数据通信接线复杂、监测点分散、地域分布广、通信站点多、设备工作环境复杂、每个通信点的信息量少，可能只有几百波特，但总体的数据信息量非常大的特点。因此，在建设配电变压器远程监测系统时，一要具备可靠性，通信链路不受地域、恶劣环境的影响，二要具有双向通信功能。随着通信技术的发展，无线通信技术由于其组网灵活，成本逐年下降，逐渐成为了配网自动化中采用的主要通信技术，常用的有微功率无线电台通信、GPRS、2G、3G 通信、无线 WIFI 通信等技术。

#### 1. Ad Hoc 网络技术简介

Ad Hoc 网络是一种特殊的网络系统。它是自组织对等式多跳的无线移动通信形式。它其中，全部的网络通信节点优先级一致，地位平等，不需要单独设置网络的中心控制节点，网络节点既具有无线移动终端的功能，也有信息报文转发功能。网络节点之间的通信，因为信号传输距离的限制，一般情况下需要由数个网络节点进行信息转发来实现，即经过多跳来实现。

(1) 分区工作、自动组网：一台性能优良的 GPRS 采集器和若干 Ad Hoc 节点可以覆盖 0.5 至 3Km 半径的区域；

(2) 自动路由、多级中继：多级中继技术特性，使得配电变压器远程监测系统的无线传输要求得到支持，通过其特性可以使每个无线通信分区覆盖区域更广、通信联接更可靠。

(3) 降低硬件投资：符合电力系统中大多数设备的通信连接，相应也节约了通信接口的投资。

(4) 降低通讯费用：在一个特定的区域内，使用 GPRS 无线集中器大大减少，相应的通信费用也大幅度下降，长期运行费用的节约极为可观。

## 2. GPRS 技术简介

GPRS (General Packet Radio Service) 即通用分组无线业务的简称，它是从 GSM 网络的基础上发展起来的数据传输网络，为了支持数据传输，GPRS 在 GSM 系统中增加了很多支持节点。应该说它是 GPRS 包含 GSM 网络，在语音传输上使用 TDMA，数据传输上使用无线分组，推广应用上，GPRS 使用了已经建成的 GSM 基站子系统，覆盖面从一开始就得到全覆盖<sup>[6]</sup>。

GPRS 技术结合数据通信的特点，对其无线通信部分进行了针对性改造，大幅度提升无线资源的使用效率，它一方面融合 GSM 与 IP 通信技术的精华，另一方面也保持了良好的移动性以及 IP 技术的灵活性，信道上能为如 TCP/IP 协议提供连接，用以实现数据传输、互联网连接。对于通信使用者来说，GPRS 技术的优势表现在数据传输速率高（理论带宽 171. Kb/S）、自适应性强、接入时间短、收费方式合理（按流量计费）、可实现用户“永远在线”、移动性强等方面。这些优势使得 GPRS 移动通信技术应用得到迅速提升，如配电自动



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.